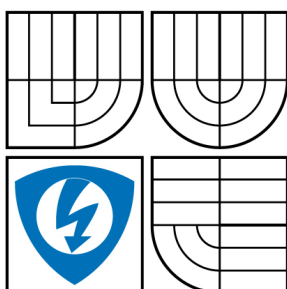




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ**

ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

OPTICKÉ KONVERTORY

OPTICAL CONVERTORS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

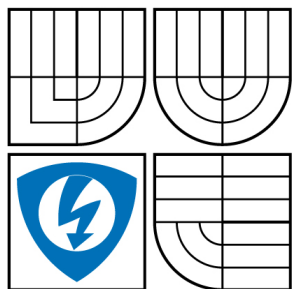
JAN CHLEBOUN

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. MILOSLAV FILKA, CSc.

BRNO 2008



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav telekomunikací

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor

Teleinformatika

Student: Chleboun Jan

ID: 78152

Ročník: 3

Akademický rok: 2007/2008

NÁZEV TÉMATU:

Optické konvertory

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Navrhněte, realizujte zapojení a metodou závěrečného měření ověřte funkci FTTH modulární jednotky, CGS - MU, výrobce firmy Optokon v realizaci přístupové optické sítě, tj. vlákno až do domu. Takto navržené řešení srovnajte po technické i ekonomické stránce s možností využití klasického konvertoru, jednotky CGS-GW a CGS-TPA od téže firmy.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] SIEGMUND, D.G., PRAGER, E. ATM technika širokopásmové sítě ISDN. H.& B, Praha 1997.
- [2] GIRARD. A. FTTx PON Technology and Testing. EXFO, Quebec, 2005.
- [3] Optokon, Genexis Datasheet Fiber Xport. Optokon, Jihlava 2007.

Termín zadání: 11.2.2008

Termín odevzdání: 4.6.2008

Vedoucí práce: doc. Ing. Miloslav Filka, CSc.

prof. Ing. Kamil Vrba, CSc.

předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

LICENČNÍ SMLOUVA

POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Jan Chleboun

Bytem: V Peklovcích 504, 56601, Vysoké Mýto - Pražské
Předměstí

Narozen/a (datum a místo): 17.1.1986, Litomyšl

(dále jen "autor")

a

2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

se sídlem Údolní 244/53, 60200 Brno 2

jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:

prof. Ing. Kamil Vrba, CSc.

(dále jen "nabyvatel")

Článek 1

Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):

- ☐ disertační práce
- ☐ diplomová práce
- ☒ bakalářská práce

jiná práce, jejíž druh je specifikován jako

(dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP: Optické konvertory

Vedoucí/školicitel VŠKP: doc. Ing. Miloslav Filka, CSc.

Ústav: Ústav telekomunikací

Datum obhajoby VŠKP:

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v:

- ☒ tištěné formě - počet exemplářů 1
- ☒ elektronické formě - počet exemplářů 1

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracovávání díla se sám nedostal do rozporu s autorským zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.

3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.

4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

Článek 2

Udělení licenčního oprávnění

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užívat, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti
 - ☒ ihned po uzavření této smlouvy
 - ☐ 1 rok po uzavření této smlouvy
 - ☐ 3 roky po uzavření této smlouvy
 - ☐ 5 let po uzavření této smlouvy
 - ☐ 10 let po uzavření této smlouvy(z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

Článek 3

Závěrečná ustanovení

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.
2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne:

.....

Nabyvatel

.....

Autor

ANOTACE

Optické konvertory jsou využívány v různých typech optických sítí, za účelem poskytovat koncovým uživatelům datové a hlasové služby a také umožnit příjem televizního vysílání, které je přenášeno prostřednictvím optického média. Současným trendem je výstavba FTTH sítí (Fiber To The Home), které díky optickému vláknu nemají omezenou rychlost ani kapacitu, jako je tomu u metalických sítí. Při návrhu je potřeba uvážit příznivé a nepříznivé faktory spojené s budováním konkrétní sítě s určeným počtem uživatelů a lokalitou. Každá síť je tvořena pasivní a aktivní částí. Pasivní slouží k přenosu informací, jsou to tedy hlavně prvky přenosového média. Aktivní část zahrnuje prvky pro odesílání a příjem informací přenášených optickým médiem. Převodníky se liší jejich technickým provedením, kvalitou a spolehlivostí. To samozřejmě ovlivňuje cenu jak aktivní, tak i pasivní části. Náklady provozu sítě jsou také zvyšovány náročností ovládání. Výhodou je efektivní řízení, díky němuž je zaručena i návratnost nákladů vložených do vybudování FTTH sítě. Optické sítě se systémem vzdáleného řízení převodníků jsou novým trendem optických komunikací.

Klíčová slova: optika, síť, komunikace, konvertor, FTTx

ABSTRACT

Optical converters are used in various types of optical networks to provide end-users of data and voice services and also allow reception of television broadcasting, which is transmitted through optical media. The current trend is the construction of FTTH networks (Fiber To The Home), which, thanks to optical fibre, have reduced the speed or capacity, as in the case with metallic networks. The proposal is the need to consider positive and negative factors associated with building of concrete network with a specified number of users and location. Each network consists of passive and active components. Passive can be used for transmission of information, therefore they are mainly elements transmission medium. Active part includes elements for sending and receiving information transmitted by optical media. Transmitters vary their technical implementation, quality and reliability. This obviously affects the price of both active and passive parts. The cost of the operation of the network are also increased with demands of control. The advantage is the efficient management, which is guaranteed by return of the cost to build a FTTH network. Optical network with a system of remote management converters is a new trend of optical communications.

Key words: optics, network, communication, convertor, FTTx

CHLEBOUN, J. *Optické konvertory*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2008. 45 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Miloslav Filka, CSc.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma "Optické konvertory" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č.140/1961 Sb.“

V Brně dne

.....

(podpis autora)

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Miloslavu Filkovi, Csc., za velmi užitečnou metodickou pomoc a cenné rady při zpracování bakalářské práce.

Seznam použitých zkratk a symbolů

AON - (Active Optical Network) Aktivní optická síť

APON - (ATM-based PON)

BER - (Bit Error Rate) Bitová chybovost

BPON - (Broadband PON)

CATV - (Cable TV) Kabelová televize

CO - Central Office

CPE - Customer Premises Equipment

EPON - (Ethernet PON)

FTTH - Fiber To The Home

FTTO - Fiber To The Office

FTTR - Fiber To The Remote

GPON - (Gigabit capable PON)

HDTV - High Definition TV

ISP - Internet Service Provider

LED - Light Emitting Diode

LD - Laser Diode

OAN - (Optical Access Network) Optická přístupová síť

PON - (Passive Optical Network) Pasivní optická síť

VoIP - Voice over IP

Obsah

1 Úvod.....	10
2 Seznámení s FTTH.....	11
2.1 Pasivní optické sítě.....	12
3 Základní části optického konvertoru.....	13
3.1 Vysílače světelného signálu v OAN.....	14
3.1.1 Zdroje světelného záření vysílačů.....	15
3.1.2 Konstrukční řešení optických vysílačů.....	17
3.1.3 Funkční řešení optických vysílačů.....	17
3.2 Přijímače světelného signálu v OAN.....	19
3.2.1 Funkční řešení optický přijímačů.....	19
3.2.2 Detektory optického signálu.....	21
3.2.3 Citlivost přijímače.....	21
4 Porovnání konvertorů pro FTTH.....	22
4.1 FiberXport - CGS-MU Wall Mount FTTH Modular Unit.....	23
4.1.1 Přehled modulů převodníku FiberXport.....	24
I.CATV napájecí modul (OCG-01m).....	24
II.Jednoportový media konvertor (OCG – 11m).....	25
III.Optický CATV přijímač (OCG – 14).....	25
IV.Ethernet gateway s VoIP (OCG – 18m).....	26
V.Ethernet gateway (OCG – 20m).....	26
4.2 CGS – GW1421W Wifi Gateway.....	27
4.3 CGS – TPA, Triple Play – Data, Voice, CATV box.....	27
5 Způsoby připojení konvertorů do FTTH sítě.....	29
5.1 Management konvertoru FiberXport.....	29
5.2 Připojení konvertorů CGS-GW a CGS-TPA.....	30
5.3 Způsoby řízení konvertorů v Ethernet/IP síti.....	31
5.4 Řízení v CATV síti.....	32
5.5 Řízení sítě v architektuře Point To Point a její výhody.....	33
6 Návrh modelu FTTH sítě.....	34
6.1 Náklady na pasivní část FTTH sítě.....	36
6.2 Náklady na aktivní část FTTH sítě.....	37
6.2.1 Řešení pro konvertor CGS-GW1421W	37
6.2.2 Řešení pro konvertor CGS-TPA.....	38
6.2.3 Řešení pro konvertor FiberXport.....	38
6.2.4 Výsledek ekonomické analýzy.....	39
6.3 Technická stránka návrhu.....	40
6.3.1 Ovládání konvertorů CGS-GW a CGS-TPA.....	40
6.3.2 Ovládání konvertoru FiberXport.....	41
6.3.3 Výsledek technické analýzy.....	41
6.4 Výsledek měření.....	42
7 Závěr.....	43
8 Seznam literatury a použitých zdrojů:.....	44

Seznam obrázků

Obr. 1: Struktura FTTH distribuční sítě.....	11
Obr. 2: Rozvedení informací z optického vlákna k jednotlivým zařízením.....	13
Obr. 3: Základní schéma přenosu optického signálu.....	14
Obr. 4: Principiální schéma funkce optického vysílače.....	14
Obr. 5: P-I charakteristika LED a laserové diody.....	16
Obr. 6: Šířka pásma LED a laserové diody.....	16
Obr. 7: Dvě metody modulování LED a laserové diody.....	18
Obr. 8: Vstupní proud představující modulační křivku $m(t)$ a následný výstupní optický signál $m(t)$	18
Obr. 9: Principiální schéma funkce optického přijímače.....	19
Obr. 10: Základní zapojení přijímače.....	20
Obr. 11: Příklad výkonové rozvahy pro optický přenosový spoj.....	21
Obr. 12: Zapojení a řízení konvertoru FiberXport v FTTH síti.....	29
Obr. 13: Zapojení konvertorů CGS-TPA a CGS-GW v FTTH síti.....	30
Obr. 14: Přehled Ethernet/IP sítě.....	31
Obr. 15: Přehled CATV distribuční sítě.....	32
Obr. 16: Model FTTH sítě.....	35

Seznam tabulek

Tab. 1: Parametry topologií pasivních přístupových optických sítí, převzato z [13].....	12
Tab. 2: Jmenovité hodnoty parametrů sítí GPON a EPON, převzato z [13].....	13
Tab. 3: Vliv přenosových elementů na výslednou úroveň signálu, převzato z [7].....	22
Tab. 4: Hlavní parametry základní jednotky FXP-10 base unit. [3].....	24
Tab. 5: Používané moduly pro FiberXport. [3].....	24
Tab. 6: Parametry modulu OCG – 11m. [3].....	25
Tab. 7: Parametry modulu OCG – 14. [3].....	25
Tab. 8: Parametry modulu OCG – 18m. [3].....	26
Tab. 9: Parametry modulu OCG – 20m. [3].....	26
Tab. 10: Provozní parametry jednotlivých modulů FiberXport. [3].....	26
Tab. 11: Specifikace CGS - TPA pro datový přenos. [4].....	28
Tab. 12: Specifikace CGS - TPA pro přenos hlas. [4].....	28
Tab. 13: Specifikace CGS - TPA pro příjem CATV. [4].....	28
Tab. 14: Délka přenosové cesty pro různé vlnové délky.....	34
Tab. 15: Přehled nákladů na různé druhy optických kabelů v navrhované síti FTTH (cena kabelu z [14]).....	36
Tab. 16: Porovnání ekonomických variant podle použitého typu konvertoru.....	38
Tab. 17: Hodnocení optických konvertorů v závislosti na jejich technických vlastnostech.....	42

1 Úvod

Dnešní doba klade široké nároky na množství přenesených dat a zejména na rychlost a kvalitu přenosu nejen ve světě, ale i v našich zemích. Nyní už pojem FTTH (Fibre To The Home) není tak vzdálenou představou jak tomu bývalo a díky vývoji v této oblasti dnes po optickém kabelu provozovatelé už společně s internetem nabízejí i služby přenosu hlasu a televize. Tyto služby se mohou samozřejmě provozovat i po metalickém vedení, avšak přenosová kapacita tohoto média už je nedostačující. Obliba optických sítí roste díky tomu, že překlenou mnohokrát větší vzdálenost oproti metalickým sítím s nižšími náklady na provoz, a že přenos po těchto sítích jistě zaručuje rychlejší a kvalitnější přenos dat. Otázkou však nadále zůstává snížení nákladů na rozšíření infrastruktury.

Bez optických převodníků (optických konvertorů) by přenos optickými sítěmi nemohl existovat, jelikož jsou to zařízení, která vysílají i přijímají světelný signál, což je hlavní podstata přenosu optickým vláknem. Většina zařízení zpracovávající multimediální služby ještě nedokáže přijímat data přímo z optického vedení, a proto tyto konvertory převádí signál z optického na elektrický a naopak. Na trhu je řada zahraničních i českých výrobců zabývajících se touto problematikou a nabízejí různá či podobná řešení konvertorů pro FTTH. Je tedy potřeba provést analýzu a určit ten nejvhodnější odpovídající konkrétním požadavkům.

Existuje mnoho znaků, kterými se různé sítě od sebe liší. Rozdílná může být architektura, použitý typ přenosového média a aktivních prvků, způsob řízení i správa. Vše záleží na požadavcích a možnostech dané lokality. O výběru nejvhodnější varianty rozhoduje ekonomicko-technický faktor. Optimální varianta by měla být nepříliš nákladná, zaručena návratnost nákladů vložených do výstavby a provozu a nenáročná na obsluhu a provoz.

2 Seznámení s FTTH

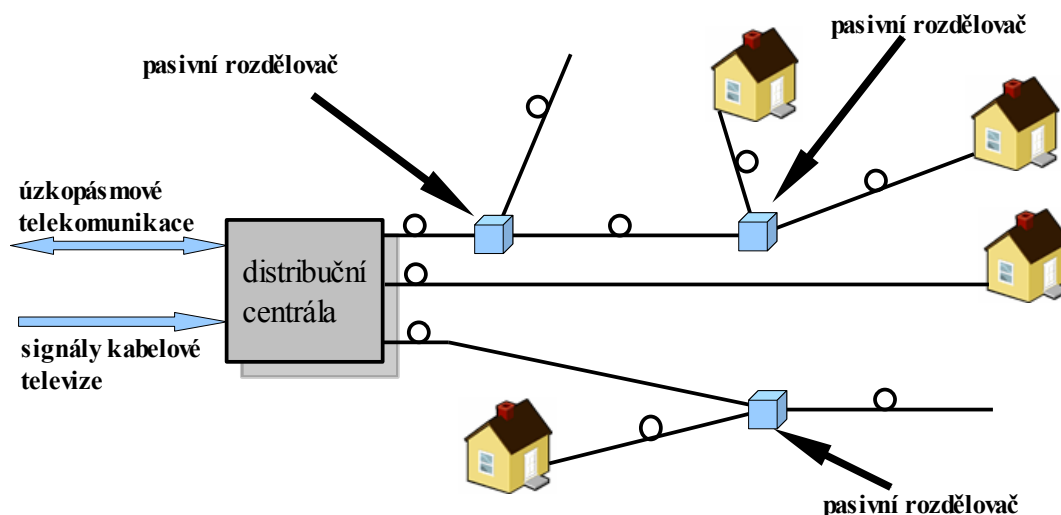
V oboru zabývajícím se přenosem informací není pojem FTTx žádnou novinkou. Základním principem je přivedení optického média až k zákazníkovi. Zkratky se liší podle místa, kam optické vlákno přivedeme (např. FTTO – Fiber To The Office, FTTR – Fiber To The Remote aj.). „Vlákno až do domu“, jak se jinak zkratce FTTH říká (FTTH - Fiber To The Home), znamená, že celá trasa vedení je tvořena optickým vedením, které končí přímo u zákazníka v domě. Po tomto médiu lze k uživateli přivést jak datové, tak i hlasové a obrazové služby. Na stejném principu bude samozřejmě pracovat i navrhovaný model FTTH sítě pro jednotky *FiberXport*, *CGS-GW* a *CGS-TPA*.

Hlasové služby: telefonie, rozhlasové vysílání, hudba na vyžádání (Music on Demand).

Datové: připojení k Internetu a služby s ním spojené jako e - mail, web, ftp, hraní her (On Line Gaming) nebo služby spojené se zabezpečením domácnosti.

Obrazové: video telefonie, video na vyžádání (Video on Demand), televizní analogové nebo digitální vysílání (TV), interaktivní TV, televize s vysokým rozlišením (HDTV). [11] [12]

Souhrnně se tyto služby nazývají „Triple Play“. Důvodem pro budování sítí FTTx jsou jednoznačně výhody, které skýtá přenos v optickém prostředí oproti přenosu metalickým nebo radiovým připojením.



Obr. 1: Struktura FTTH distribuční sítě

2.1 Pasivní optické sítě

Důležitým prvkem v otázce návrhu FTTH sítě je zvolení poměru aktivních a pasivních prvků v síti a určení, která z variant je pro návrh nejvýhodnější.

Jelikož síťová hierarchie FTTH je založena na distribuci informací z centrální stanice ke spoustě příjemců, používají se mnohabodové optické přístupové sítě (OAN), které zvyšují efektivitu provozu. Ty se ještě podle použitých přenosových prvků dělí na aktivní optické sítě AON a pasivní PON.

V AON jsou pomocí aktivních uzlů signály jdoucí z ústředny po optickém vláknu přepojovány mezi vlákny, která vedou k jednotlivým koncovým bodům. S tím přichází problém napájení jednotlivých přepojovacích bodů a zajištění spolehlivosti a provozu v případě výpadku napájení.

PON narozdíl od AON využívá díky nízkému útlumu optického vlákna rozvedení informací ke všem uživatelům současně podobně, jak v koaxiálních sítích kabelových operátorů (např. 1:32 nebo 1:64) pomocí vláknových odbočnic, které nevyžadují napájení. Díky absenci aktivních prvků se sníží náklady na výstavbu a provoz sítě, což je hlavní důvod jejich použití v FTTH. V Dnešní době existují tři druhy pasivních optických sítí (Tab. 1). [9] [10]

APON - (ATM-based PON), síť na bázi přenosu ATM buněk

BPON - (Broadband PON), doplnění APON

GPON - (Gigabit capable PON), využívá GEM (GPON Encapsulation Mode), který je variantou protokolu GFP (Generic Framing Procedure).

EPON - (Ethernet PON), síť na bázi ethernetu. [13]

Parametr	APON, BPON	GPON	EPON
Doporučení	ITU-T G.983.x	ITU-T G.984.x	IEEE 802.3ah
Dosah	20 km	20 km	20 km
Dělení	1:16	1:64 (1:128)	1:32
Protokol	ATM	ATM + GEM	Ethernet + FEC

Tab. 1: Parametry topologií pasivních přístupových optických sítí, převzato z [13]

Z hlediska přenosových rychlostí nejsou sítě APON moc používané, a proto budeme pro vysokorychlostní datové přenosy uvažovat pouze topologie GPON a EPON. V Tab. 2 jsou uvedeny jmenovité parametry pro topologie GPON a EPON jako vlnové délky potřebné pro jednovláknový nebo dvouvláknový přenos, útlum a průměrná dosahovaná přenosová rychlost.

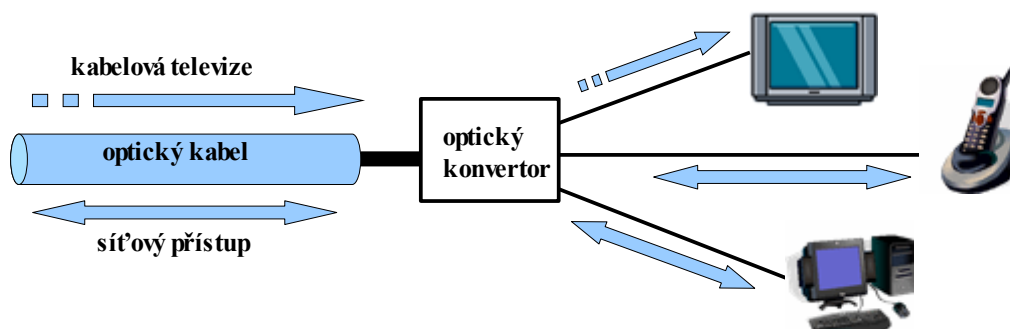
		GPON	EPON
1 vlákno	downstream	1480 – 1500 nm	1490 nm
	upstream	1260 – 1360 nm	1310 nm
2 vlákna		1260 – 1360 nm (SM)	
útlum		třída A (5-20 dB), třída B (10-25 dB), třída C (15-30 dB)	24 dB
přenosová rychlost		Downstream: 1,2 Gb/s – 2,4 Gb/s Upstream: 155 Mb/s – 2,4 Gb/s	1000BASE-PX10, 1000BASE-PX20

Tab. 2: Jmenovité hodnoty parametrů sítí GPON a EPON, převzato z [13]

3 Základní části optického konvertoru

Pro ekonomicko-technickou rozvahu je důležité se seznámit se stěžejními vlastnostmi, které charakterizují každý konvertor od jeho možného technického provedení až po provozní schopnosti každé jeho části.

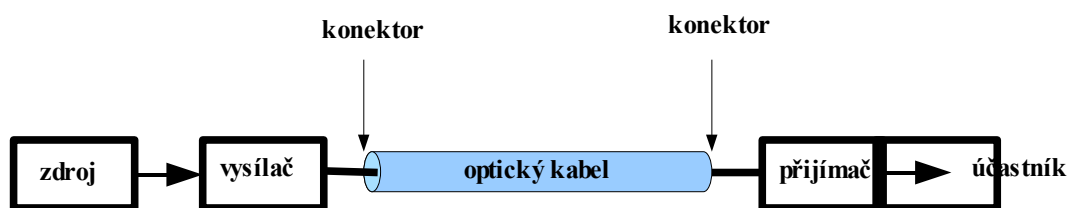
Každý optický konvertor je tvořen funkčními bloky, které se starají o jednotlivé části optické komunikace od vyslání, přijetí a následného zpracování optické informace. Každý z nich musí mít požadované vlastnosti pro optický přenos.



Obr. 2: Rozvedení informací z optického vlákna k jednotlivým zařízením

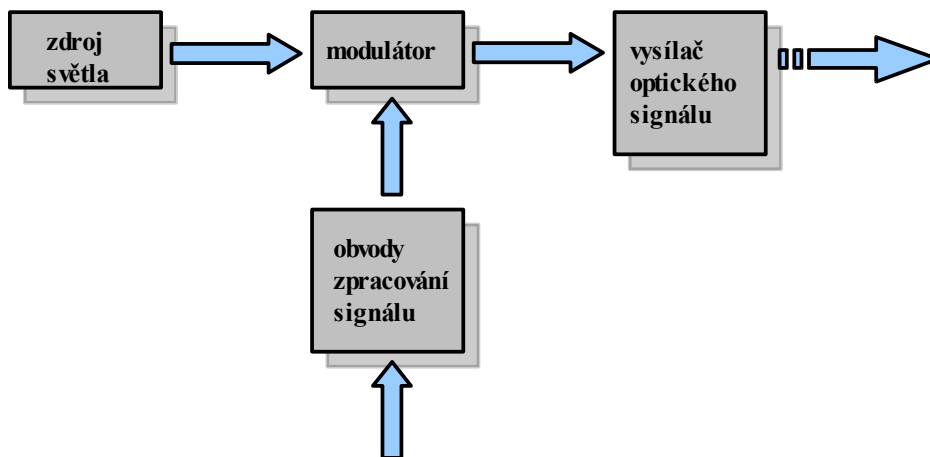
Většina zařízení zpracovávající datové, obrazové nebo zvukové informace ještě nedokáží tyto informace přijmout z optického vedení. Nejprve je potřeba převést optický signál pomocí převodníků neboli optických konvertorů (dále jen konvertor) na vhodnou formu signálu zpracovatelného zmíněnými zařízeními (Obr. 2). Přenos signálu po optickém kabelu je založen na principu vyslání světelného signálu vysílačem a jeho přijetí přijímačem.

Protože u FTTH jsou zavedeny zpětné kanály umožňující i přenos řídicích informací od účastníků, musí tedy konvertor na straně účastníka zvládnout nejen přijímání, ale i vysílání světelných signálů. (Obr. 3) [8]



Obr. 3: Základní schéma přenosu optického signálu

3.1 Vysílače světelného signálu v OAN



Obr. 4: Principiální schéma funkce optického vysílače

Základní postup úpravy signálu pro přenos optickým vláknem je zobrazen na Obr. 4. Optický signál je modulován elektrickým signálem, který přenáší informaci a dále vysílán do optického vlákna, kudy se šíří až k dalšímu zpracování.

3.1.1 Zdroje světelného záření vysílačů

Nejprve se zaměříme na požadované vlastnosti zdrojů světla:

- ♦ velikost musí být kompatibilní s velikostí použitého optického vlákna, to znamená, že musí emitovat světlo s průměrem plochy příčného řezu o velikosti $8 \div 100 \mu\text{m}$, aby se do vlákna dostalo potřebné množství světla
- ♦ světelný zdroj musí být schopen generovat dostatečný světelný výkon tak, aby požadovaná bitová chybovost (BER) byla co nejnižší
- ♦ efektivita navázání světelného paprsku vyzářeného do optického vlákna by měla být pokud možno co největší
- ♦ dostatečně lineární, aby zabránil vytváření harmonického a modulačního zkreslení, když takovéto zkreslení vznikne, je pak velmi obtížné ho odstranit
- ♦ snadno modulovatelný elektrickým signálem a schopen provádět vysokorychlostní modulaci, aby byla plně využita šířka pásma optického kabelu
- ♦ malé rozměry, nízká hmotnost a cena, vysoká spolehlivost

Integrované LED diody vyhovují všem těmto požadavkům. Jsou schopny modulovat signál potřebnou rychlostí a díky použití vhodných polovodičových materiálů a výrobních postupů zabezpečují vysoký výkon světelného paprsku a výbornou schopnost jeho navázání do optického vlákna. Tyto zdroje světelného záření jsou snadno vyrobitelné díky standardním výrobním procesům integrovaných obvodů, a tak je zajištěna i jejich nízká cena a vysoká spolehlivost.

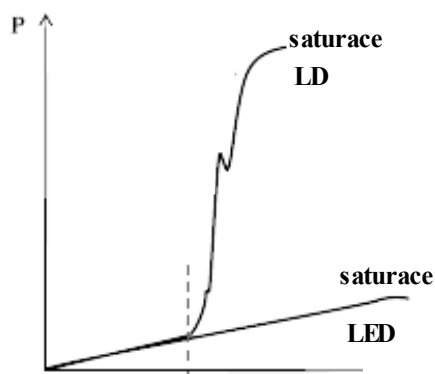
Nabízí se nám dva typy diod emitujících světlo, které mohou být použity jako zdroj světla ve vysílačích. Jedná se o LED (Light Emitting Diode) diodu a laserovou diodu (LD). LED diody jsou jednodušší a vytvářejí nízkovýkonové nekoherentní světlo, oproti tomu laserové jsou složitější a generují koherentní světlo s vysokým výkonem. Závislost výkonu na zvyšujícím se proudu diodou (Obr. 5) ukazuje poměrně lineární P-I charakteristiku LED diody oproti laserové, která vykazuje silnou nelinearitu v místě prahové úrovně.

Až na pár výjimek mají laserové diody oproti LED tyto výhody:

- mohou být modulovány velmi vysokými rychlostmi
- vyvíjejí větší optický výkon
- dosahují větší efektivity při navazování světelného paprsku do optického vlákna

LED diody mají oproti laserovým výhodu:

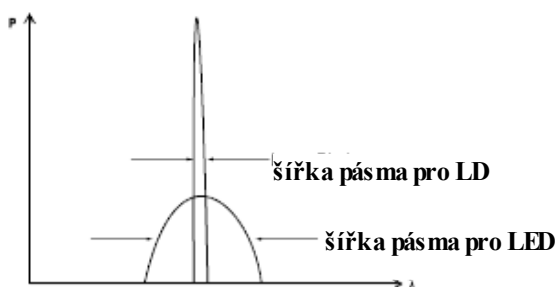
- větší spolehlivost
- lepší linearita
- nižší cena



Obr. 5: *P-I charakteristika LED a laserové diody*

Obě diody, LED i laserová, generují světelný paprsek podobné velikosti, který může být napojen do optického vlákna, nicméně laserová vytváří prostorově užší výstupní paprsek než LED. To jí dodává větší efektivitu při napojování paprsku. Pro většinu vysokorychlostních datových přenosů je přenos převážně řízen vysílačem s laserovou diodou, ale v případě, že je pro danou situaci hlavní otázkou uspořádkání nákladů, tak se použijí LED diody.

Klíčový rozdíl mezi výstupním paprskem LED a laserové diody je v rozsahu vlnové délky, která přenáší optický výkon. Velikost spektra má dopad na velikost vysílané šířky pásma. Díky většímu spektru se přenesou větší část potřebné šířky přenosového pásma optického kabelu.



Obr. 6: *Šířka pásma LED a laserové diody*

Na Obr. 6 je znázorněna šířka spektra dvou diod. Velikost výkonu světelného paprsku každého zařízení je tvořena oblastí pod křivkou. Laserové diody mají vždy šířku spektra menší než LED diody. Typická hodnota šířky spektra závisí na struktuře diody a použitém polovodičovém materiálu. Při provozu na vlnové délce 850 nm bývá šířka pásma pro LED diody 40 nm, pro laserové 1 nm a při provozu na 1310 nm je šířka pro LED diody 80 nm a pro laserové 3 nm. [7]

3.1.2 Konstrukční řešení optických vysílačů

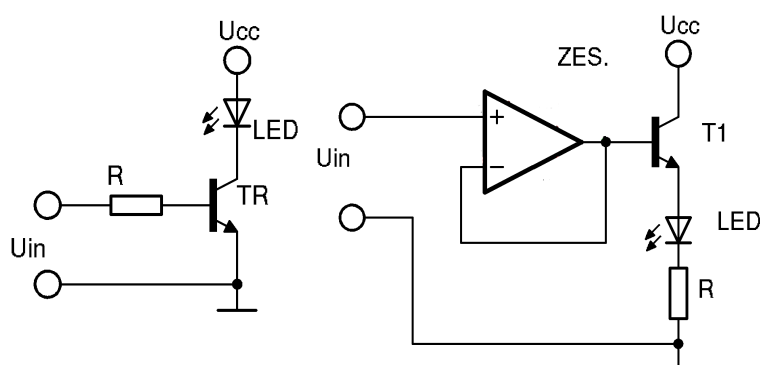
Po určení zdroje světla na základě diskutovaných požadavků pro LED a laserové diody je třeba zvážit další provozní kritéria, které se týkají uložení (krytu přístroje), okolního rušení, chlazení a spolehlivosti. Vysílač musí obsahovat průsvitný otvor kvůli vysílání světelného paprsku do optického vlákna, který je tvořen buď přímým napojením optického kabelu na LED nebo laserovou diodu (tzv. pigtail) nebo otvorem vyplněným sklem nebo plexisklem. Někteří výrobci nabízejí převodníky, které obsahují malé hemisférické čočky kvůli zaostření světla pro lepší napojení světelného svazku do optického vlákna. Přístrojový kryt musí také správně kompenzovat tepelný ohřev zdrojů světla. Celá převodní jednotka spotřebuje až 1 W, zvláštní pozornost je proto věnována chlazení. Plastové kryty se používají pro zařízení pracující s nižšími rychlostmi a nižšími nároky na spolehlivost. Tudíž se pro vyšší rychlosti a větší zajištění spolehlivosti používá kovové okrytování se zabudovanými chladiči. [7]

3.1.3 Funkční řešení optických vysílačů

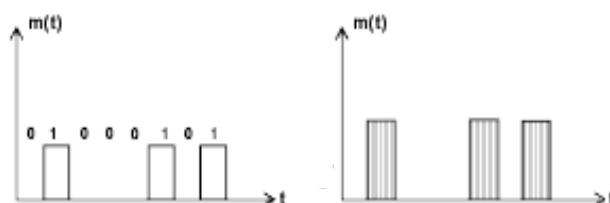
Nyní se zaměříme na modulační část vysílače. Existují rozdílné způsoby provedení modulační funkce, z nichž nás zajímá hloubka modulace, posuv v kmitočtové rovině, fázový posuv a polarizační modulace.

Hloubka modulace se výborně přizpůsobí činnosti LED i laserové diody, tudíž má velký význam pro provoz vláknového datového spoje. Nosná, kterou každý z těchto zdrojů generuje se touto technikou snadno moduluje. Obě diody jsou ovládány procházejícím proudem. Množství energie, kterou vyzáří (někdy uváděno jako záření) je úměrná tomuto

proudu. Tímto způsobem vstupní proud modeluje podobu paprsku. V případě, že vstupní signál bude v číslicovém tvaru, pak v při hodnotě log. „1“ vznikne nárůst optického signálu a při log. „0“ bude světelný signál nulový. Situaci ukazují Obr. 7 a Obr. 8, kde na prvním jmenovaném je zobrazen základní princip vysílače optického signálu pro řízení LED i laserové diody hloubkou modulace. Na druhém je vykreslen vstupní proud přenášející informaci v binárním tvaru a následně generovaný světelný signál přenesený do optického vlákna.



Obr. 7: Dvě metody modulování LED a laserové diody

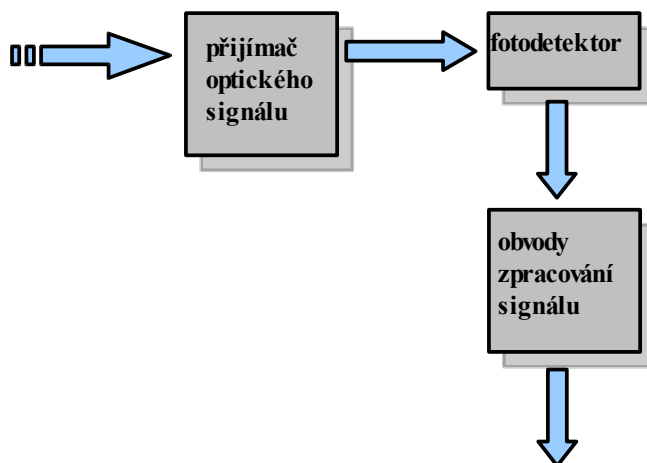


Obr. 8: Vstupní proud představující modulační křivku $m(t)$ a následný výstupní optický signál $m(t)$

Jelikož LED generují pouze nekoherentní světlo, tak pro použití zcela vystačí, protože od hloubky modulace není požadována koherentnost. Díky tomu je použití společně s LED diodami tak populární. [7]

3.2 Příjímače světelného signálu v OAN

Poté co je světelný signál přenesen optickým vláknem je detekován fotodetektozem, jehož výstupní informace jsou dále upraveny obvody pro zpracování signálu (Obr. 9).



Obr. 9: Principiální schéma funkce optického přijímače

Přijímací část plní dvě funkce. Nejprve musí detekovat světlo přenesené optickým vláknem a převést tento signál na elektrický. Dále musí demodulovat signál a přiřadit mu příslušné log. úrovně. Celkově tedy musí detekovat světlo a správně určit důležitost přenesených informací při datovém přenosu, aby byla data vyslaná od zdroje světelného signálu správně přijata. [7]

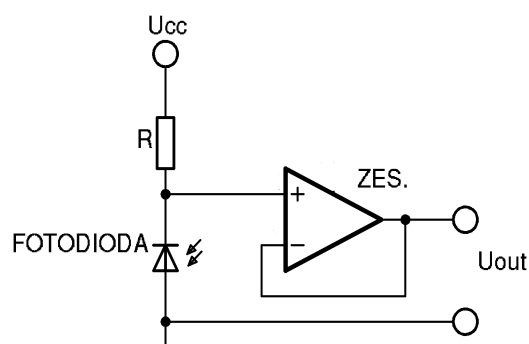
3.2.1 Funkční řešení optický přijímačů

Přijímače jsou většinou navrženy ve spojení s vysílači v jednom pouzdru. Hlavní podstatou přijímače je snímání světla vycházejícího z optického vlákna. Světlo je detekováno a převedeno na elektrický signál. Demodulační proces se provádí z následně přijatého elektrického signálu. Snímání světla provádí fotodioda, která ho převádí na elektrický proud. Avšak optický signál z optického vlákna a následný proud mají velmi malou amplitudu. Proto jsou tyto obvody vybaveny jedním nebo více zesilujícími stupni, někdy ještě filtry a tvarovači signálu, které obnoví informaci nesenou elektrickým signálem.

Většina těchto aktivních obvodů v přijímači představují zdroje šumu. Tento šum

nepochází čistě z optického vlákna, přesto má vliv na demodulaci. Skutečný princip přijímače je na Obr. 10, kde je zobrazena fotodioda, rezistor nízkosumový předzesilovač. Výstupní napětí předzesilovače má podobu informace, která byla vyslána zdrojem. Pro přesnost tohoto zesílení ještě bývají použity doplňkové zesilovače, filtry a tvarovače.

Provedení demodulace přijímače je závislé na BER, díky které je vše správně doručeno. Korektní příjem také závisí na parametrech spojených s modulací, jako jsou hloubka modulace, velikost úrovně doručeného signálu, šum přijímače a zpracovávaná šířka pásma.



Obr. 10: Základní zapojení přijímače

Přijímač může plnit i spoustu jiných funkcí. Jestliže datový spoj podporuje synchronní komunikaci, pak může obsahovat i obvody pro obnovování hodinového signálu. Další funkce mohou začleňovat dekodování, zjišťování chyb a obnovení.

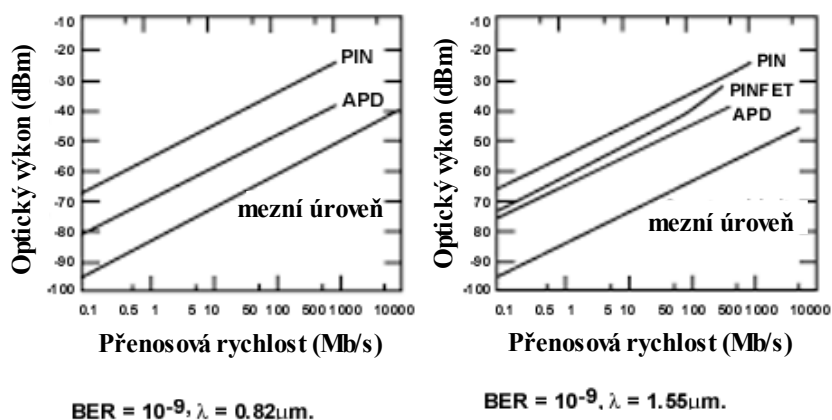
Přijímač musí mít vysokou schopnost detekování signálu, velkou šířku pásma a nízký šum. Schopnost detekování musí být vysoká tak, aby rozpoznala i nízkou úroveň signálu vystupujícího z optického vlákna. Díky větší citlivosti může být rozpoznána většina zesílených signálů. Měl by mít velkou šířku pásma a rychlou náběžnou hranu, aby mohl dost rychle reagovat a modulovat vysokorychlostní digitální data, nízký šum, malý vliv na BER (požadovaná bitová chybovost) spojení a umět odstranit rušivý odpor přenosového prostředí. [7]

3.2.2 Detektory optického signálu

Existují dva druhy konstrukce fotodiody, PIN dioda (Positive Intrinsic Negative) a lavinová fotodioda APD (Avalanche Photo Diode). Ve většině provozovaných aplikacích je PIN dioda upřednostňovaným prvkem přijímače. Je to převážně zásluhou faktu, že může být ovládána standardním napájením mezi 5 až 15 V. Lavinové fotodiody mají mnohem lepší citlivost, ve skutečnosti až o 5 až 10 dB. Mají také dvojitou šířku pásma. Nicméně, nemohou být použity na deskách plošných spojů provozovaných na 5 V a vyžadují také stabilní napájení. Jsou proto také dražší. Zařízení s lavinovými fotodiodami obvykle nalezneme v dálkových komunikačních spojích. [7]

3.2.3 Citlivost přijímače

Pro práci vykonávanou přijímačem má podstatný význam parametr zvaný citlivost. Bývá to závislost minimální optického výkonu, který může přijímač zachytit, na rychlosti přenosu dat, aby byla dosažena dostatečná BER. Citlivostní závislost je u každého přijímače jiná. Zahrnuje to i parametr odstup signál - šum, který zpravidla ovlivňuje všechny procesy přenosového spoje. Citlivost závisí na typu použité fotodiody a vlnové délce. Typické příklady citlivostních charakteristik jsou zobrazeny na Obr. 11.



Obr. 11: Příklad výkonové rozvahy pro optický přenosový spoj

Pro určení údajů některého přijímače je potřeba se nejprve podívat na parametr citlivosti. Křivka určující mezní hodnotu na Obr. 11 je jako referenční, představuje optimální

výkon fotodiody přijímače a určuje výkon převodu světla z optického vlákna na elektrický proud pro modulaci při 100 % účinnosti.

Citlivost přijímače musí být natolik velká, aby dokázal detekovat signál po jeho průchodu všemi spojovacími prvky optického spojení. Příklad takové přenosové rozvahy je uveden v Tab. 3. [7]

Přenosový element	Hodnota	Popis
Výstupní úroveň LED vysílače	3 dBm	prodejcem stanovená hodnota
Vazební ztráta zdroje	- 5 dB	následek odrazů, špatné napojení
Ztráty při přenosu z vysílače do spojky optického vlákna	- 1 dB	ztráty z důvodu vychýlení paprsku
Spojovací útlum	- 0,25 dB	mechanické spojování
Útlum optického vlákna	- 20 dB	při 4 dB/km na vzdálenost 5km
Ztráty při přenosu ze spojky optického vlákna do vysílače	- 1 dB	ztráty z důvodu vychýlení paprsku
Optický výkon na vstupu přijímače	- 24,25 dB	
Citlivost přijímače	- 40 dB	záleží na provedení spoje
Rozmezí možných ztrát	15,75 dB	

Tab. 3: Vliv přenosových elementů na výslednou úroveň signálu, převzato z [7]

4 Porovnání konvertorů pro FTTH

Na trhu se vyskytuje množství optických konvertorů od převodníků, které převádí pouze jednu samostatnou službu (např. pouze internet) až po ty, které konvertují všechny služby Triple Play a liší se provedením a nabízenými funkcemi.

Porovnávány optickými konvertory jsou výrobky společnosti *OPTOKON Co., Ltd.*, která je jednou z předních světových firem, které nabízejí řešení propojení a infrastruktury v oboru vláknové optiky. Jedná se o přenosové brány (tzv. Gateway) řady *CGS – GW*, což jsou Gateway pro FTTH sítě a *CGS – TPA*, což jsou převodníky Triple Play služeb pro sítě FTTH. Stěžejním objektem této práce je však modulární systém pro FTTH sítě *FiberXport - CGS-MU Wall Mount FTTH Modular Unit*, vyvinutý firmou *Genexis* a na němž se společnost *OPTOKON* podílí výrobou zásuvných modulů.

Každý z těchto konvertorů je odlišný svou specifikací, možnostmi využití

a systémem řízení a chováním v sítích FTTH. Abychom byli schopni specifikovat, jak se budou konvertory chovat v navržené síti, je důležité zjistit především jejich provozní parametry a funkci. Určíme tak případná omezení a vhodnost jednotlivých převodníků při použití v modelované síti.

4.1 *FiberXport* - CGS-MU Wall Mount FTTH Modular Unit

FiberXport byl navržen ve spolupráci firem *OPTOKON* a *Genexis* tak, aby byl schopen nabídnout uživateli plné využití služeb Triple Play přes FTTH infrastrukturu. Základ modulu *FiberXport* spojuje dohled nad optickým vláknem se schopností vkládat různorodé datové, hlasové a CATV moduly. Jednoduchost instalace a konstrukce vyžadující nízkonákladovou údržbu jsou klíčové stránky systému *FiberXport*.

Mimořádně kompaktní *FiberXport* je navržen pro jednoduchou montáž na zeď kdekoliv v domě. Průchodka optického kabelu je umístěna v dolní části a vyhovuje všem vyráběným standardům optické kabeláže. Vnitřní část modulu je speciálně navržena, aby umožňovala stočení optického kabelu s požadovaným poloměrem ohybu odpovídajícímu výrobním vlastnostem kabelu. Koncovky (pigtailes) mohou být napojeny na vlákno bez požadovaných propojek. Aktivní prvky jsou umístěny v horní části modulu. *FiberXport* obsahuje kryt, který může být zapečetěn síťovým operátorem. Celé zařízení je chráněno jednou plombou. Žádná vlákna nejsou uživateli přístupná a všechny kritické průchody jsou zakryty. Jakmile je zařízení nainstalováno, mohou být přidány různé služby pomocí jednoduchých zásuvných modulů. Základní modul je vybaven signalizačními LED diodami. Jednotlivé části jsou napájeny nezávislým síťovým adaptérem.

Každý modul (datový, hlasový a CATV) může být jednoduše instalován nebo změněn postupem plug-and-play, tzn. zasunutím jednotlivých modulů do základního modulu. *FiberXport* umožňuje aktualizaci aktivních částí pro udržení životaschopnosti tohoto optického zakončovacího bodu. Spodní deska je přizpůsobená pro přidání průchodky pro případ, že by kabel musel být vyveden k externímu modulu nebo v případě navržení kabelové infrastruktury pro vícenásobné připojení uživatelů v jedné budově. [3]

4.1.1 Přehled modulů převodníku FiberXport

Základ celého konvertoru *FiberXport* tvoří mateřská jednotka, která je kostrou celého systému (Tab. 4). Do ní jsou zasouvány všechny zásuvné moduly (Tab. 5).

Rozměry FXP-10 base unit	100 x 240 x 55 mm
Přípojný otvor	4
Zásuvné pozice	4
Provozní teplota	0 – 35 °C
Skladovací teplota	0 – 70 °C
Průměr ohybu optického vlákna při jeho uložení	70 mm

Tab. 4: Hlavní parametry základní jednotky FXP-10 base unit. [3]

	Název	Popis
OCG-01m	CATV napájecí jednotka	Hlavní modul zajišťující napájení a jednotka zjišťující stav konfigurace OCG-14
OCG-11m	100BASE-BX10 datový modul	Základní modul pro 100 Mb/s data, zajišťuje napájení a správu konfigurace jednotky
OCG-14	Optický CATV přijímač	Jednoduchý click-on modul pro OCG-11m, OCG-18m nebo OCG-20m
OCG-18m	Řízený Ethernet Gateway s integrovaným hlasem přes IP (VoIP)	Základní modul pro 100 Mb/s data a VoIP, zajišťuje napájení a správu konfigurace jednotky
OCG-20m	Řízený IP/Ethernet Gateway	Základní modul pro 100 Mb/s data, zajišťuje napájení a správu konfigurace jednotky

Tab. 5: Používané moduly pro FiberXport. [3]

I. CATV napájecí modul (OCG-01m)

Tento modul slouží pouze jako napěťová podpora pro modul OCG-14 (optický CATV přijímač). [3]

II. Jednoportový media konvertor (OCG – 11m)

WAN	LAN ports
Single mode vlákno (ITU-T G.652)	10/100Base-TX (IEEE 802.3 Ethernet)
dosah 15 km	1 RJ-45 konektor
výkonová rozvaha > 16 dB	100 m dosah
Vysílací úroveň: -8 ÷ -14 dBm	Automatické přepínání full/half duplex
Přijímací úroveň: -8 ÷ -31 dBm	
100Base-BX10 vyhovující	
Full duplex přenos	
upstream 1310 nm	
downstream 1550 nm [10]	

Tab. 6: Parametry modulu OCG – 11m. [3]

III. Optický CATV přijímač (OCG – 14)

Optické rozhraní	
Single mode vlákno	
Vlnová délka příjmu: 1290 - 1600 nm	
Maximální vstupní úroveň: 0 dBm	
Minimální vstupní úroveň: -10 dBm	
Prahová úroveň pro platný signál: -12 dBm	
Odstup signál - šum: 46 dB	
Ztráta odrazem: > 45 dB	
Elektrické rozhraní	
<u>OCG-14b</u>	<u>OCG-14b</u>
koaxiální konektor (IEC 169-24)	koaxiální konektor (IEC 169-24)
Kmitočtový rozsah: 47 - 862 MHz	Kmitočtový rozsah: 47 - 862 MHz
Výstupní ztráta odrazem: > 18 dB	Výstupní ztráta odrazem: > 18 dB
VF výstupní úroveň: 71 - 91 dBμV	VF výstupní úroveň: 80 - 100 dBμV

Tab. 7: Parametry modulu OCG – 14. [3]

IV. Ethernet gateway s VoIP (OCG – 18m)

WAN	LAN porty
Single mode vlákno (ITU-T G.652)	10/100Base-TX (IEEE 802.3 Ethernet)
100Base-BX10 vyhovující	4 RJ-45 konektor
Full duplex přenos	porty spravovány nezávisle
upstream 1310 nm	Automatické přepínání full/half duplex
downstream 1550 nm	
dosah 15 km	
výkonová rozvaha > 16 dB	
Vysílací úroveň: -8 ÷ -14 dBm	
Přijímací úroveň: -8 ÷ -31 dBm	
Hlasové porty	
2 RJ - 11 konektory	
2 oddělené POTS linky (<i>Post Office Telephone Service</i>)	
podpora G3 faxu	
podpora modemu	
adaptivní vyrovnávací paměť jitteru	
Interface	
Hlasové porty: 2	
Datové (LAN) porty: 4	

Tab. 8: Parametry modulu OCG – 18m. [3]

V. Ethernet gateway (OCG – 20m)

Síťové (WAN) rozhraní	Uživatelské datové rozhraní
Standard Single Mode vlákno	OCG-20m: 4 x RJ-45 konektory
(ITU-T G.652)	OCG-21m: 8 x RJ-45 konektory
Full duplex přenos	10/100Base-TX (IEEE 802.3 Ethernet)
Optická výkonová rozvaha: nejméně 16 dB	automatické přepínání full/half duplex
dosah 15 km	dosah 100 m
vlnové délky: 1310-1550 nm	
úroveň vysílače: -8 ÷ -14 dBm	
úroveň přijímače: -8 ÷ -31 dBm	

Tab. 9: Parametry modulu OCG – 20m. [3]

	OCG-01m	OCG-11m	OCG-14	OCG-18m	OCG-20m
Napájení [V]	12	12	6	12	12
Ztrátový výkon [W]	1,5	1,5	1,8	7	7
Provozní teplota [°C]	0 – 50	0 – 35	10 – 35	0 – 35	0 – 35
Skladovací teplota [°C]	0 – 70	0 – 70	0 – 70	0 – 70	0 – 70

Tab. 10: Provozní parametry jednotlivých modulů FiberXport. [3]

4.2 CGS – GW1421W Wifi Gateway

Představitelem produktové řady CGS – GW je *CGS-GW/1421W*, což je Wi-Fi VoIP Gateway, který je kombinací 2-port FXS, 1-port PSTN, 1 WAN / 4 LAN IP Gateway, a 802.11 b/g WLAN dohromady. Je podporován SIPv2 protokolem s bohatými telefonními vlastnostmi. PSTN rozhraní podporuje přepnutí na automatický PSTN hovor při poruše napětí a typické manuální vytáčení PSTN hovoru. Obsahuje bezdrátovou LAN se dvěma přístupovými body a klientským módem, s automatickým síťovým skenem a přístupem řízení pomocí MAC adresy. Podporuje WDS a univerzální repeater k propojení různých bezdrátových sítí. Bezdrátové schopnosti ISP podporují správné připojení do ISP bezdrátové sítě. Technické specifikace a VoIP vlastnosti tohoto zařízení jsou potrobněji uvedeny v literatuře [5].

4.3 CGS – TPA, Triple Play – Data, Voice, CATV box

CGS-TPA Tripleplay analog box představuje nákladově efektivní řešení pro koncové uživatele v síti FTTH. Prostřednictvím spojení přes optické vlákno umožňuje napojení tří služeb kompaktně do jednoho boxu - VoIP brána se třemi přepínatelnými porty, které přepojují mezi datovými a hlasovými službami nebo internetovou sítí, CATV přijímač, který umožňuje příjem televizních programů přes úplné spektrum pro kabelovou TV.

CGS-TPA box je navržen pro instalaci na konci optického vedení na straně koncového uživatele u FTTH koncepcí. Je zde využit přesný optický konektor, který zajišťuje správné napojení na konci uživatelského prostředí. [4]

Standardy	WAN: IEEE 802.3u 100Base-FX
	LAN: IEEE 802.3 10Base-T, 802.3u 100Base-TX
Protokol	CSMA/CD
Interface	WAN: optický konektor nebo FTTH (skryté optické rozhraní)
	LAN: RJ-45 konektor, využívá UTP 100 Ohm Cat. 3, 4 nebo 5
Vlnová délka	Data a VoIP: Dvouvláknové, 1310 nm or 1550 nm
	WDM: TX 1310 nm & RX 1550 nm standard
	TX 1550 nm & RX 1310 nm, na vyžádání
	CATV přijímač: 1550 nm
Max. délka segmentu	UTP kabel (10Base-T, 100Base-TX): 100 m
	SM optické vlákno, full duplex 20 km
TCP/IP	Podpora pevné IP a DHCP
Configurace & management	konfigurace pomocí Web Browseru
Upgrade	TFTP/FTP software upgrade
Okolní teplota	0° C až 50 °C (operační)
Okolní vlhkost	10% až 90% (nekondenzující)
Externí napájení	12 V DC, 1000 mA
Rozměry	275 x 180 x 35 mm (L x W x H)

Tab. 11: Specifikace CGS - TPA pro datový přenos. [4]

Protokol	SIP RFC3261			
Codecs	G.711A/μ-law, G.723.1, G.729A, G.729			
Doplňkové služby	H.450 (Call Hold, Call Transfer, Call forward)			
Sít', FXx rozhraní*	WAN	LAN	FXS	PSTN
	1x	3x	1x	1x

Tab. 12: Specifikace CGS - TPA pro přenos hlas. [4]

Optické vlastnosti	Vlnová délka	1550 ± 10 nm	
	Vstupní rozsah výkonu	-8 to -2 dBm	
	Ztráty odrazem	50 dB	
VF parametry	Šířka pásma	45 to 870 MHz	
	Typ převodu	VSB-AM TV	
	Výstupní impedance	75 Ω	
	VF výstupní výkon*	≥ 20 dBmV/Channel	
	VF ztráty	≥ 14 dB	
	VF konektor	F type (female)	
Provedení spojení* (typical)	Carrier to Noise Ratio (CNR)	64 PAL channels	78 NTSC channels
		≥ 48 dB	≥ 47 dB
	Composite Second Order (CSO)	≤ -64 dBc	≤ -63 dBc
	Composite Triple Beat (CTB)	≤ -66 dBc	≤ -65 dBc

Tab. 13: Specifikace CGS - TPA pro příjem CATV. [4]

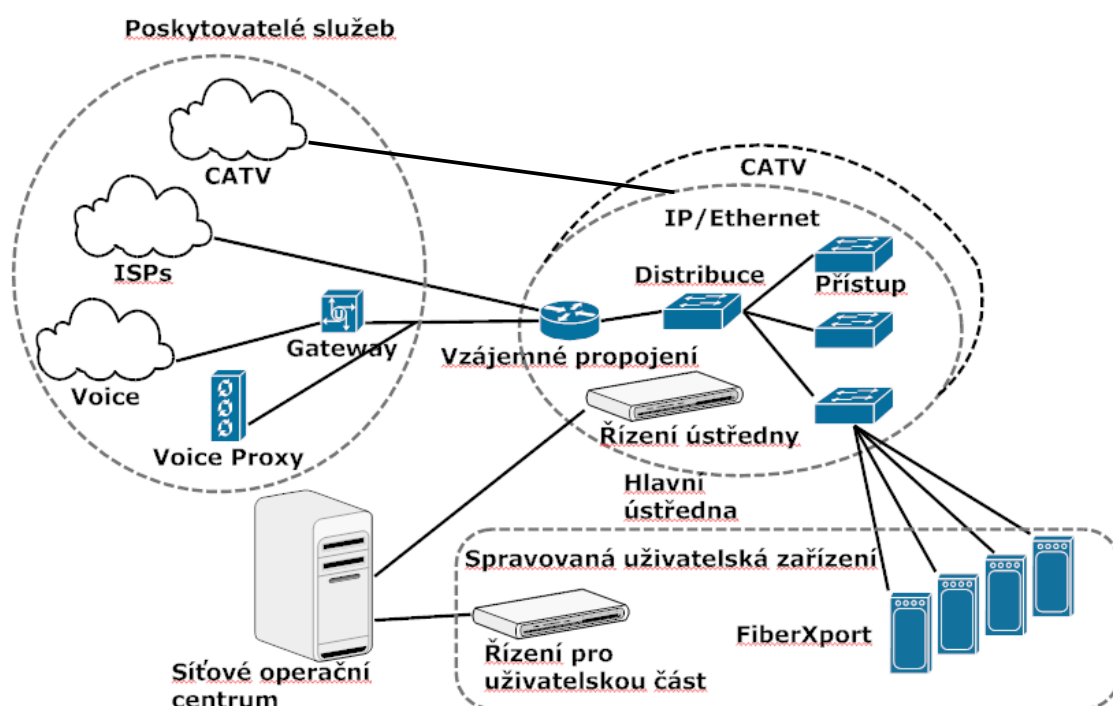
5 Způsoby připojení konvertorů do FTTH sítě

Tato kapitola má rozhodující vliv na výběr typu FTTH sítě z pohledu jejího řízení a ovládání konvertorů. Díky tomu jsme schopni porovnat výhody a nevýhody v zapojení s danými optickými koncovými převodníky.

5.1 Management konvertoru FiberXport

Genexis využívá pro své konvertory vlastní síťovou architekturu. Základem je rozdělení do jednotlivých bloků, díky kterým je návrh, stavba a spravování FTTH sítě snadnější.

FTTH síť je navržena k doručení širokopásmových služeb ke koncovému uživateli prostřednictvím optického vlákna. Síť se skládá z pasivní optické infrastruktury a aktivních zařízení pro distribuci komunikačních služeb.



Obr. 12: Zapojení a řízení konvertoru FiberXport v FTTH síti

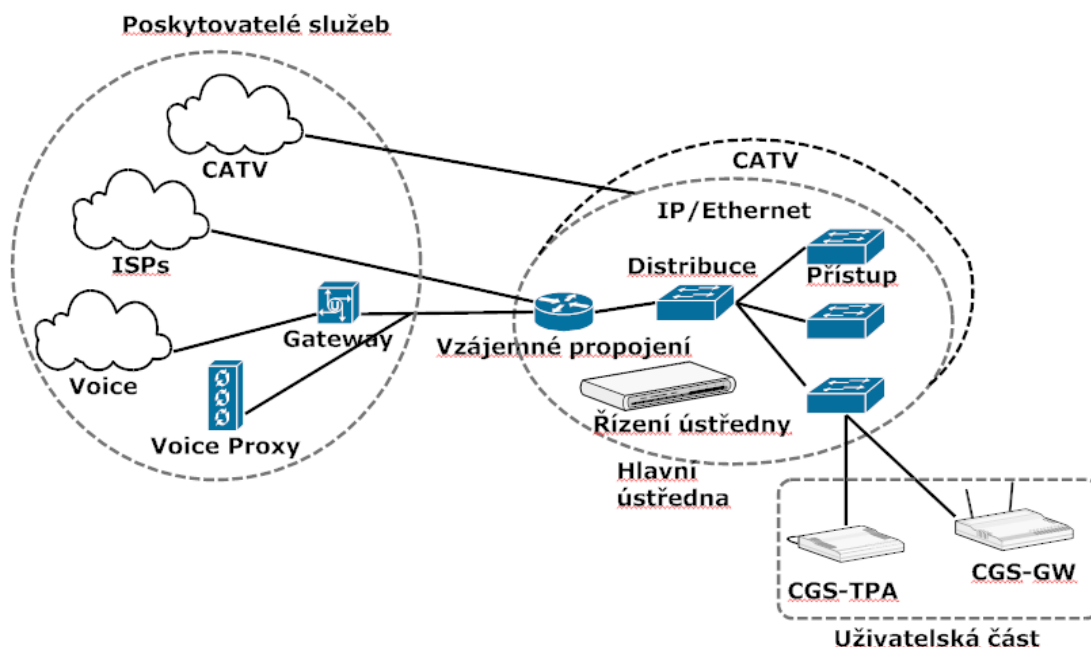
Na Obr. 12 je zobrazeno jak jsou uživatelé a poskytovatelé služeb propojeni FTTH sítí. Aktivní část může být rozdělena na uživatelskou část (CPE – Customer Premises

Equipment) a ústřednovou část (CO – Central Office). CPE zakončuje síť na uživatelské straně a poskytuje převod komunikačních signálů na služby, ke kterým má uživatel přístup. Funkcí ústředny je propojení uživatelů s poskytovateli služeb. Síť je spravována prostřednictvím síťového operačního centra.

Uživatelská i ústřednová část mají vlastní nástroje řízení a díky tomu mohou být ovládány nezávisle na sobě. Tak se z nich stává modulární stavební blok uvnitř FTTH sítě. Aby byl zajištěn provoz sítě, je nutné správné definování rozhraní mezi stavebními bloky nebo prvky sítě. Komunikace propojených systémů může být dosaženo pouze správným nastavením standardů a specifikací.

Fyzická linka mezi uživatelskou a ústřednovou částí sítě je založena na Point To Point architektuře. FTTH síť kromě této architektury umožňuje přenos dvou základních typů služeb – komunikaci přes Ethernet/IP síť a vysílání televizního obsahu přes CATV síť. Celá Genexis FTTH síť je založena na architektuře Point To Point. [6]

5.2 Připojení konvertorů CGS-GW a CGS-TPA



Obr. 13: Zapojení konvertorů CGS-TPA a CGS-GW v FTTH síti

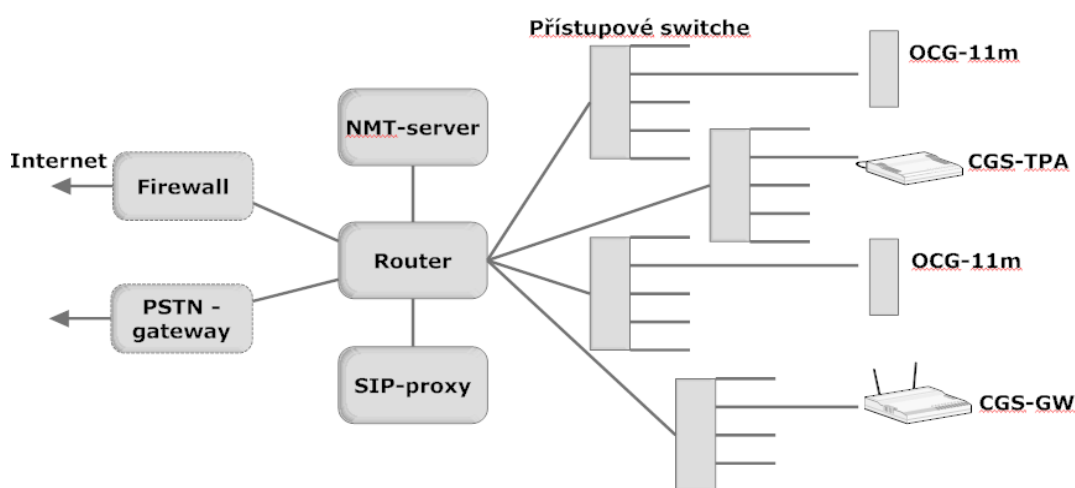
Oba druhy konvertorů jsou do FTTH sítě zapojeny k aktivní distribuční části jako samostatné koncové prvky bez vzdáleného řízení, které by zajišťovalo jejich společnou správu (Obr. 13).

Každé z těchto zařízení se musí nejprve samostatně nastavit pro jednoho konkrétního poskytovatele služeb. Následný upgrade systému v budoucnu musí být proveden na každém konvertoru zvlášť. To samé platí pro přidávání nových uživatelů, kdy je třeba každého nadefinovat zvlášť. [6]

5.3 Způsoby řízení konvertorů v Ethernet/IP síti

Uvnitř této sítě funguje jako hlavní (řídící) prvek router, který dohlíží na přenos IP paketů sítě. Přístupové switche přenášejí IP pakety ke koncovému uživateli. V tomto případě je na straně koncového uživatele umístěný modul *OCG-11m* konvertoru *FiberXport* a konvertory *CGS-GW* a *CGS-TPA*, které přijímají IP provoz a převádí ho na signály související s danou aplikací, jako třeba internet a telefonie. (Obr. 14)

Router provádí základní funkce. V první řadě připojuje různé poskytovatele služeb do sítě, např. internetové služby skrz firewall a telefonii přes SIP-Proxy a PSTN gateway. Kromě toho funguje router i jako přístupový uzel v síti pro server síťového řízení (Network Management server), který povoluje šíření řídicích síťových signálů napříč sítí.



Obr. 14: Přehled Ethernet/IP sítě

Stejně jako je síť měřena počtem uživatelů, tak i směrovací činnost je rozprostřena přes pole vzájemně propojených routerů, případně může být směrovací činnost rozdělena do dvou úrovní:

- nižší úroveň s distribučními routery
- vyšší úroveň se vzájemně propojenými routery

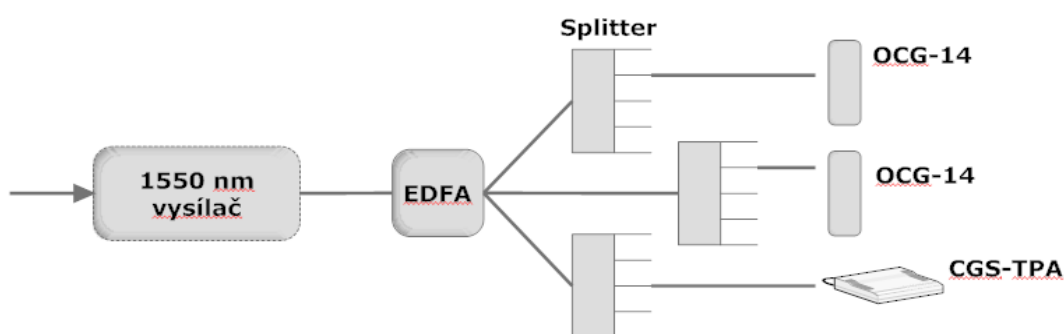
Distribuční routery rozvádějí IP provoz k různým přístupovým switchům, zatímco vzájemně propojené routery jsou přizpůsobené k zavádění propojení mezi poskytovateli služeb. [6]

5.4 Řízení v CATV síti

Optický vysílač překládá elektrický (analogový) signál na optický vhodný pro distribuci. Signál je vysílán na vlnové délce 1550 nm, aby bylo docíleno dostatečného zesílení signálu.

Zesilovač, v našem případě erbiem dotovaný optický zesilovač (EDFA – Erbium Doped Fiber Amplifier), zesiluje optický signál na úroveň vhodnou pro spojení velkého množství koncových uživatelů. V závislosti na počtu uživatelů a jejich umístění, může být použit jeden nebo více EDF zesilovačů s vlastním nastavením zisku a výkonu.

Rozdělující zařízení (splittery) upravují aktuální distribuci signálu pro různé koncové uživatele. Jsou to plně pasivní zařízení a nevyžadují elektrické napájení ani údržbu.



Obr. 15: Přehled CATV distribuční sítě

V tomto případě jsou na straně koncového uživatele použity moduly *OCG-14* konvertoru *FiberXport* a konvertor *CGS-TPA*, které fungují jako CATV přijímače a převádí optický signál na vstupu na elektrický, vhodný pro správné spojení s běžnou TV a radiovým zařízením. (Obr. 15)

Systém managementu sítě od *Genexis* poskytuje kontrolu CATV sítě, doslova provoz CATV přijímače *OCG-14* může být povolen nebo odpojen vzdáleně přes řídicí systém. [6]

5.5 Řízení sítě v architektuře Point To Point a její výhody

V Point To Point síti je každý uživatel připojen přiděleným optickým kabelem k řídicí ústředně (CO) a nabízí tak omezenou flexibilitu. Aktualizace uživatelů a jejich připojování je individuální, protože síť je vysoce odstupňovaná a lze ji porovnat se způsobem provozu, založeným na peer-to-peer komunikaci.

Ethernet/IP se rychle stává standardem pro interaktivní služby. FTTH síť by neměla být kompatibilní pouze s Ethernetem, sama by měla být Ethernet.

Point To Point nabízí, co se týče nákladů, efektivnější řešení, jelikož je celá tato architektura založena na nízkonákladové převodní technologii a poskytuje širší přenosové pásmo pro uživatele než síť se sdíleným médiem, takže má aktuálně nejnižší náklady. Kromě toho jsou Point To Point sítě vsutku členěné a tak mají i méně dílů. Zákazníci mohou být přidáváni jednou za čas a centrální ústředna je tak využita efektivněji. Point To Point jsou už v této době široce rozšířené sítě, úroveň síťových komponentů a zařízení je velmi vysoká a s tím je spojeno i ovlivňování ceny na trhu.

V *Genexis* FTTH síti je každý účastník v ten samý okamžik připojen jak na přidělený port centrálního switchu, tak na systém distribuující CATV. Proto je tedy v nejjednodušším případě každý účastník připojen do hlavní ústředny jedním optickým kabelem tvořeným dvěma vlákny. Jedno vlákno pro obousměrný přenos hlasu a dat a druhé pro pokrytí CATV. Může být poskytnuto i řešení nabízející multiplexování všech signálů do jednoho vlákna.

Hlavním předpokladem je logické oddělení přenosu Ethernet/IP informací od distribuovaných CATV signálů. [6]

6 Návrh modelu FTTH sítě

Zásadní vliv na návrh zapojení FTTH sítě mají provozně-technické parametry konvertoru *FiberXport - CGS-MU Wall Mount FTTH Modular Unit*, jelikož právě pro tento převodník je síť projektována. Podle uvedených parametrů v kapitole 4.1.1 jsou moduly tohoto zařízení schopny přijímat optický signál z jednovidového vlákna (Single Mode) o vlnové délce 1550 nm (downstream) a vysílat o délce 1310 nm (upstream). Modul sloužící pro příjem CATV vysílání přijímá záření o vlnové délce v rozsahu 1290 – 1600 nm. Z útlumu vlákna a citlivosti přijímače optického konvertoru (viz. kapitola 3.2.3) je možné určit optimální délku optické trasy. Útlum se pohybuje v rozmezí 0,35 až 0,40 dB/km na 1310 nm a 0,21 až 0,30 dB/km na 1550 nm [8]. Zařízení je schopno detekovat optický signál, je-li součet všech možných ztrát menší než 16 dB. Délku optického vedení určíme z následujícího vztahu

$$C = A_K \cdot l + A_Z \text{ [dB]}, \quad (6.1)$$

kde C je citlivost přijímače [dB], A_K je útlum kabelu na jeden km [dB/km], l je celková délka vedení [km] a A_Z útlum způsobený okolními vlivy [dB].

Budeme-li vycházet z Tab. 3, bude A_Z zhruba 5 dB. Dále z útlumu kabelu a citlivosti přijímače určíme pro každou vlnovou délku maximální možnou délku přenosové cesty ze vztahu 6.1:

$$l = \frac{C - A_Z}{A_K} \quad (6.2)$$

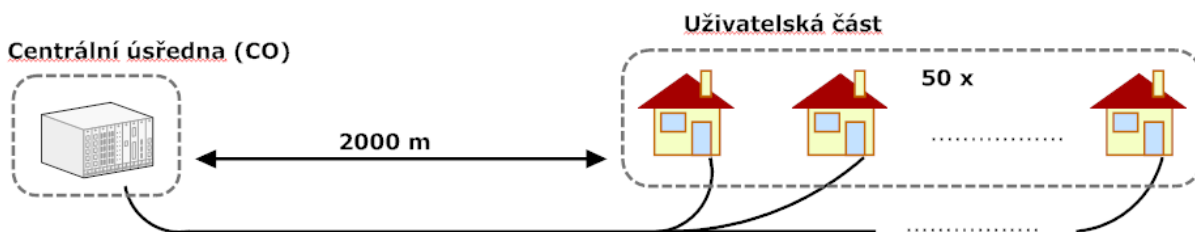
Dosazením do vztahu 6.2 jsou určeny maximální možné délky optické trasy pro vlnovou délku 1550 a 1310 nm (Tab. 14). Tento krok slouží ke zjištění faktu, jestli bude nutné použít na optické trase zesilovací zařízení.

Vlnová délka	1550 nm	1310 nm
Útlum způsobený okolními vlivy [dB]	5	5
Útlum kabelu [dB/km]	0,3	0,4
Min. citlivost přijímače [dB]	16	16
Max. možná délka vedení [km]	36,67	27,5

Tab. 14: Délka přenosové cesty pro různé vlnové délky

Pro délku trasy je potřeba uvažovat kratší variantu ze dvou možných, aby bylo možno provozovat obě vlnové délky. Výrobce garantuje přenos jenom po optickém médiu bez zesílení na 15 km. Abychom mohli provést ekonomicko-technické porovnání diskutovaných konvertorů, je potřeba nejprve navrhnout síť, na které je možno názorně předvést funkci těchto zařízení.

Simulace bude provedena pro FTTH síť s 35-ti koncovými uživateli. Jedná se o novou zástavbu rodinných domů a přípojný bod je vzdálen 2000 m (Obr. 16). Každá domácnost bude mít přípojku pro služby, které hodlá koncový uživatel využívat. Lze vybírat ze dvou řešení, buď vytvořit spojení pouze pro internet, nebo pro úplné pokrytí Triple Play. Tím bude také rozhodnuto o druhu použitých konvertorů na koncové straně.



Obr. 16: Model FTTH sítě

Z pohledu architektury bude zvolena architektura Point To Point, o které pojednává kapitola 5.3. Rozhoduje o tom především systém řízení konvertoru *FiberXport*, který je pro tuto architekturu uzpůsoben. Každý účastník bude tedy spojen dvěma vlákny se základnovou stanicí, jelikož je to plně postačující vzhledem k uvažované přípojné vzdálenosti a výhodnější z hlediska úspory zesilovacích prvků. Sníží se tak náklady na aktivní prvky sítě, zvýší se spolehlivost a nehrozí výpadek spojení v případě výpadku napájení kdekoli na trase. Dále je důležité rozdělení z pohledu pasivní a aktivní části sítě.

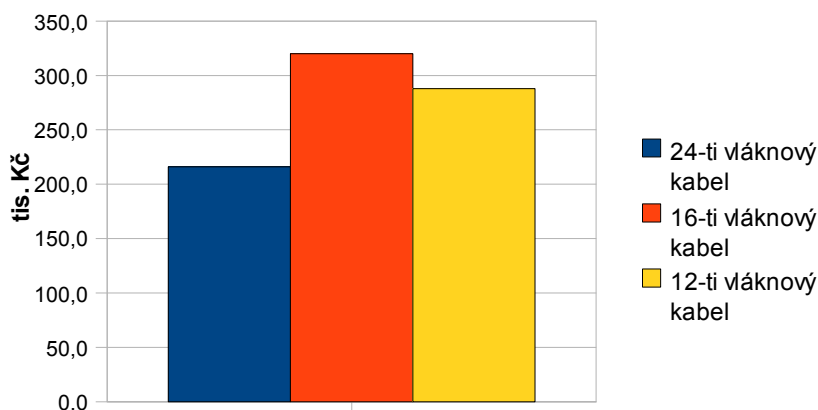
6.1 Náklady na pasivní část FTTH sítě

Při rozhodování o typu kabelu pro vytvoření optické trasy se nabízí varianta jednovláknového vlákna (Single Mode), tento typ je kompatibilní a postačující v zapojení s konvertorem *CGS-MU*. Dále už se jedná pouze o zvolení počtu vláken v kabelu, aby byly náklady na optické médium co nejnížší (Tab. 15). Optický spoj bude tedy proveden od přípojného bodu až do místa nové zástavby vzdáleného 2000 m třemi optickými 24-ti vláknovými kabely (Single Mode, 9/125 μm), tzn. že 2 vlákna zde zůstanou připravena pro možné budoucí rozšíření této lokality o nové uživatele sítě. Cena optického kabelu bude zhruba 220 tisíc Kč (Tab. 15). Přidáme-li přípojná vlákna vedoucí k domům, vyšplhá se cena optického média zhruba na 250 tisíc Kč.

Množství	Vláken v kabelu	24	16	12
	Účastníků	35	35	35
	Kabelů	3	5	6
	Vláken v kabelu navíc	2	10	2
Délka kabelu [m]		2000	2000	2000
Cena	Za 1m kabelu [Kč]	36	32	24
	Celkem [tis. Kč]	216,0	320,0	288,0

Tab. 15: Přehled nákladů na různé druhy optických kabelů v navrhované síti FTTH (cena kabelu z [14])

Z provedené analýzy vyplývá, že nejnížší náklady budou vynaloženy v případě pořízení 24-ti vláknového kabelu (Graf 1).



Graf 1: Přehled nákladů na různé druhy optických kabelů

Jako další prvek pasivní infrastruktury je potřeba zahrnout i cenu výkopových prací a pokládku HDPE chrániček. Ta se může při takovéto vzdálenosti vyšplhat na 300 až 400 tisíc Kč. Nejvýhodnější je pro tento účel pokládat vedení například současně s plynovým nebo vodovodním potrubím, náklady by pak klesly na poloviční cenu. Další položkou zahrnutou v rozpočtu je i nutné zafukování vláken do mikrotrubičkových kabelů. To se musí provést pro každého uživatele zvlášť. Poté je nutné svařit tato vlákna s kabelovými a okonektorovat je jak na straně koncového uživatele, tak na ústřednové straně. K tomu všemu je ještě započítána i přídatná doplňková montáž.

6.2 Náklady na aktivní část FTTH sítě

Tyto náklady se odvíjí od použité převodní technologie optických převodníků. V této síti stačí, aby zvládly vysílat a přijímat optický signál z jednovidového vlákna. Náklady jsou tedy mnohonásobně nižší než např. při použití mnohavidového vlákna (Multi Mode).

V přípojném bodě bude instalováno ústřednové zařízení (CO). Jeho pořizovací cena bude navíc záviset na tom, jaké služby budou poskytovány v této síti, jedná-li se o samostatný internet nebo plné pokrytí Triple Play. Toto rozhodnutí ovlivní i výběr konvertorů na straně koncového uživatele. Vzhledem k použité architektuře není třeba umisťovat žádné jiné aktivní prvky po celé trase spoje. Každý z diskutovaných koncových převodníků přistupuje k řešení FTTH problematiky jiným způsobem.

6.2.1 Řešení pro konvertor CGS-GW1421W

Tento převodník funguje jako Wifi a VoIP gateway, jak je uvedeno v kapitole 4.2. Lze ho použít pro vytvoření bezdrátové Ethernet/IP sítě. Převádí tedy pouze internetové služby, což je klíčový prvek ovlivňující rozpočet na pořízení těchto zařízení, aktivních a pasivních prvků. Je to jediné zařízení které využívá pro přenos informace k uživateli pouze jedno vlákno místo dvou. Proto tedy stačí, aby centrální stanice (CO) poskytovala pouze tyto služby (rychlost např. 100 Mbps) a sníží se i cena pasivní části. Pořizovací náklady na takovouto stanici a s tím spojenou montáž pro 35 uživatelů se pohybují přibližně okolo 200 tisíc Kč. Pořízení 35-ti konvertorů *CGS-GW* vyjde zhruba na 70 tisíc Kč.

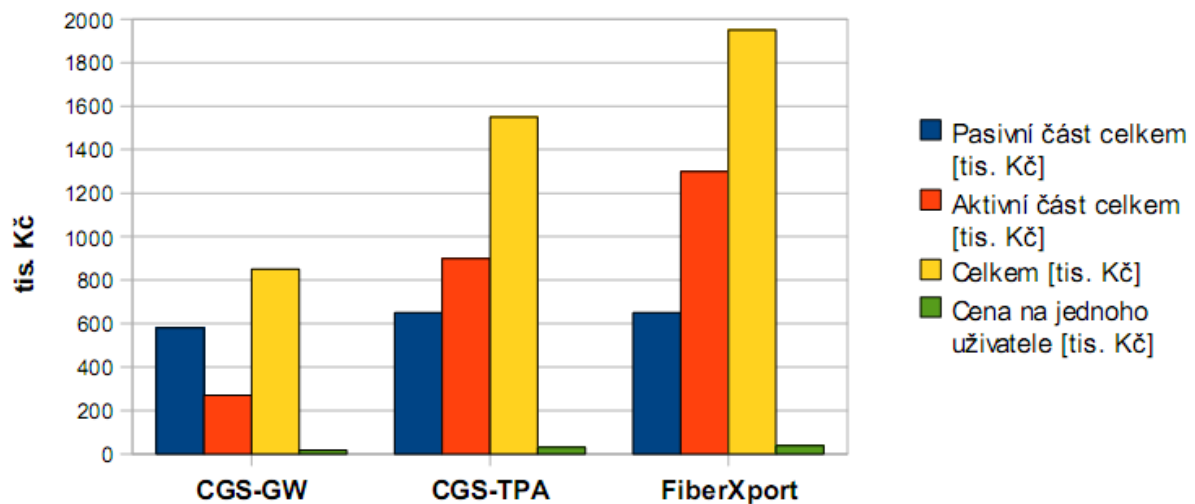
6.2.2 Řešení pro konvertor CGS-TPA

Tyto konvertory už umí převádět všechny služby Triple Play, jak je uvedeno výše v kapitole 4.3 a budou použity v případě zájmu uživatelů využívat tyto služby. Se schopností konvertoru převádět Triple Play služby samozřejmě vzrůstá i jeho cena. Tento fakt se projeví ještě na rozpočtu pro ústřednovou stanici distribuující tyto služby v této FTTH síti. Cena 35-ti koncových převodníků se pohybuje okolo 400 tisíc Kč. Cena základnové stanice pro distribuci Triple Play společně s její montáží pro 35 uživatelů se může vyšplhat na 400 až 500 tisíc Kč.

6.2.3 Řešení pro konvertor FiberXport

Z pohledu centrální stanice se jedná o stejné řešení jako u převodníku *CGS-TPA*. Konvertory *FiberXport* dokáží převádět taktéž Triple Play v plném rozsahu, jak je uvedeno v 4.1. Jsou ojedinělé tím, že pro svou funkci potřebují svůj vlastní modul řízení, jehož cena musí být do nákladů také započítána. Jedná se zhruba o částku 100 tisíc Kč. Do nákladů pro tuto síť už však nepatří jejich síťové operační centrum, které se nachází mimo FTTH síť (Obr. 12). Celková cena 35-ti převodníků *FiberXport* je asi 700 tisíc Kč.

Konvertor	CGS-GW	CGS-TPA	FiberXport
Optické médium [tis. Kč]	180	250	250
Pokládka kabelu [tis. Kč]	400	400	400
Pasivní část celkem [tis. Kč]	580	650	650
Základnová stanice [tis. Kč]	200	500	500
Konvertory [tis. Kč]	70	400	700
Řízení [tis. Kč]	-	-	100
Aktivní část celkem [tis. Kč]	270	900	1300
Celkem [tis. Kč]	850	1550	1950
Cena na jednoho uživatele [tis. Kč]	17,0	31,0	39,0



6.2.4 Výsledek ekonomické analýzy

Provedená ekonomická analýza odhaluje rozložení rozpočtu v modelované síti FTTH v závislosti na použitém druhu optického konvertoru na uživatelské straně sítě (Graf 2). Od toho se zajisté odvíjí i náklady na pořízení zbylých aktivních prvků, jako je centrální ústředna. Náklady na výstavbu pasivní části (položení optického kabelu, zafukování, konektorování, svařování) jsou stejné pro konvertory *FiberXport* a *CGS-TPA*. *CGS-GW* využívá o jedno vlákno na uživatele méně. Z pohledu aktivní části se již rozpočet liší v závislosti na množství využívaných služeb a na typu použitých koncových převodníků.

V případě, že síť bude využita pouze pro internetové služby, je výhodná volba s wifi a VoIP gateway *CGS-GW*. Cena aktivních částí je v tomto případě mnohonásobně nižší než cena pasivní infrastruktury.

Budou-li však koncoví účastníci převážně využívat služeb Triple Play, pak je třeba nasadit konvertory schopné převádět tyto služby. To dokáže jak *FiberXport*, tak *CGS-TPA*. Druhý jmenovaný je zajisté v porovnání z ekonomického hlediska výhodnější. Náklady na celou infrastrukturu se pohybují okolo 1,5 mil. Kč.

Částky téměř 2 mil. Kč dosahuje FTTH síť s konvertorem *FiberXport*. Zde je však vysokou cenou zaplácena převodní technologie a ojedinělý způsob řízení. O technických výhodách viz. kapitola níže.

Při rozdělení nákladů na jednotlivé uživatele se dá říci, že způsob připojení

pomocí optického vlákna je zatím ještě vcelku nákladná investice, proto by se s ní mělo počítat už od prvopočátku zamýšlené výstavby obytných lokalit. Předejde se tak jistým částkám v rozpočtu přiděleného na stavbu sítě, například, jak už bylo zmíněno, pokládkou vedení společně s plynovou či vodovodní instalací.

6.3 Technická stránka návrhu

Při návrhu sítě je také potřeba zabývat se způsobem jejího řízení a zvážit klady a zápory jednotlivých variant zapojení při použití určených koncových optických konvertorů. Záleží též na službách, které dokáží zmiňované převodníky konvertovat. Z toho plyne, že centrální ústředna v této síti musí dokázat poskytovat požadované služby (data, hlas, video). Významným měřítkem je způsob ovládání těchto zařízení. S rostoucím počtem koncových uživatelů vzrůstá i náročnost na řízení a obsluhu optických konvertorů a to samozřejmě ovlivňuje určení vhodnosti pro použití v dané FTTH síti. Záleží také na jejich technickém a konstrukčním zpracování a použité technologii (kapitola 3). Od toho se dále odvíjí spolehlivost, životnost a návratnost nákladů vložených do těchto zařízení.

Každé elektrické zařízení potřebuje ke svému provozu napájení, které je v případě koncových převodníků umístěno přímo v domech a centrální zařízení je také převážně instalováno v budově, kde je umožněno připojení do elektrické sítě. Vzhledem k použité síťové architektuře není nutné zajišťovat přísun elektrické energie kdekoliv na trase.

6.3.1 Ovládání konvertorů CGS-GW a CGS-TPA

Konvertory *CGS-GW* a *CGS-TPA* mají způsob ovládání podobný. Nepotřebují vzdálené řízení, fungují totiž jako samostatné síťové prvky. Mohou být nakonfigurovány pouze pro jednoho poskytovatele služeb (Service Provider), tzn. že na všech portech zařízení jsou provozovány služby jediného providera. Nastavování jednotlivých síťových parametrů se provádí klasicky přes rozhraní webového prohlížeče pro každý konvertor samostatně zadáním jeho IP adresy. Všechny potřebné nastavovací síťové údaje se zadávají postupně. Kvůli jakémukoli pozdějšímu upgrade nebo změně v síti musí ke každému zařízení dorazit technik a zvlášť na každém z nich provést obnovu. Zařízení jsou napájena napětím 12-ti V z adaptéru.

Při instalaci těchto přístrojů v domě jsou přívodní vedení, ať už optická nebo elektrická, připojena konektory, rezervní smyčka optického vlákna musí být stočena a je volně přístupná uživatelům.

6.3.2 Ovládání konvertoru FiberXport

Konvertory *FiberXport* mají specifický způsob ovládání, jak už bylo popsáno v kapitole 5.1. Pro svou funkci potřebují řídicí prvek, který je umístěn přímo v lokalitě navrhované FTTH sítě a je připojen k vzdálenému operačnímu centru. Tímto způsobem se sice zvýší náklady na pořízení aktivních prvků, ale za to se zjednoduší obsluha konvertorů, zvláště při jejich větším počtu.

Systém *GAPS* vyvinutý společností *Genexis* je schopen spravovat vzdáleně všechny převodníky *FiberXport* a mohou tak být nastavovány bez přítomnosti technika. Pozdější upgrade u všech napojených koncových zařízení lze provést a nakonfigurovat je najednou a mimo to je schopen nastavit jednotlivé přístroje samostatně. To vše z jednoho místa. Pro každý port přístroje je možné určit jiného poskytovatele služby a zvolit jaké služby budou daným zařízením přijímány podle požadavku uživatele. Při rozhodnutí správce sítě lze kdykoliv uživateli zamezit v příjmu služeb (např. při neplacení za služby) jednoduchou volbou v uživatelském prostředí systému *GAPS*.

Konvertor je opět napájen 12-ti V adaptérem. Rezervní smyčka optického vlákna je díky konstrukčním propozicím krytu uložena uvnitř přístroje, tudíž není volně přístupná.

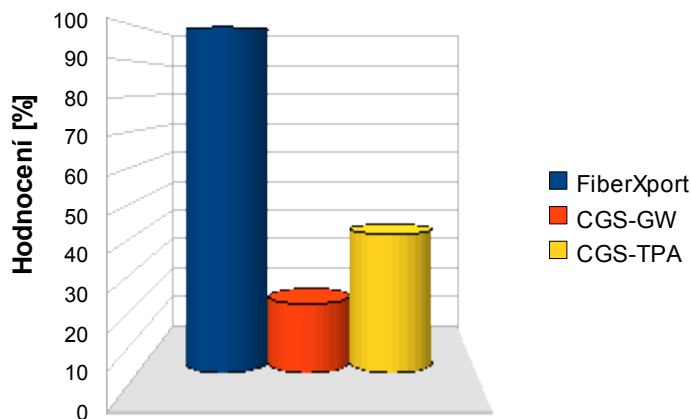
6.3.3 Výsledek technické analýzy

Úkolem technické analýzy je vyzdvihnout výhody a nevýhody diskutovaných optických konvertorů v zapojení modelované FTTH sítě. Napájení je u všech zařízení provedeno stejným způsobem, vzhledem k tomu že se jedná o přístroje, které jsou vyrobeny pro použití v domě, neměl by být s přísunem energie problém. Služby Triple Play dokáží přijímat jen konvertory *FiberXport* a *CGS-TPA*. Zásadní výhodou optického převodníku *FiberXport* oproti ostatním je vzdálené ovládání, které zjednodušuje celý proces nastavení a změn síťových parametrů uvnitř přístroje. Další jeho předností je provoz pod více

poskytovateli služeb a uložení přebytečné smyčky optického vlákna. Hodnocení zmíněných výhod a nevýhod konvertorů je uveden v Tab. 17 a procentuální vyjádření vybavenosti v otázce technických propozic uvádí Graf 3.

Optický konvertor	FiberXport	CGS-GW	CGS-TPA
Síťové napájení	ano	ano	ano
Oddělené ovládání	ano	ne	ne
Triple Play	ano	ne	ano
Více providerů	ano	ne	ne
Uložení smyčky opt. vlákna	ano	ne	ne
Hodnocení	100 %	20 %	40 %

Tab. 17: Hodnocení optických konvertorů v závislosti na jejich technických vlastnostech



Graf 3: Procentuální hodnocení jednotlivých optických konvertorů

6.4 Výsledek měření

Měření probíhalo v laboratorním prostředí v sídle společnosti *OPTOKON* v Jihlavě. Byla provedena simulace funkce v FTTH síti a bylo porovnáváno chování jednotlivých konvertorů. Zjištěné poznatky byly důležitým zdrojem pro tvorbu předchozích kapitol. Tímto měřením byla důkazně prokázána výhoda vzdáleného řízení u optického převodníku *FiberXport* a efektivita systému *GAPS*, implementovaného v řídicí části pro tuto stanici.

7 Závěr

Optické konvertory *FiberXport CGS-MU*, *CGS-GW* a *CGS-TPA* byly porovnávány z hlediska celkových nákladů a funkce v modelované FTTH síti. Tato síť byla navržena, aby po technické i ekonomické stránce odpovídala reálným parametrům. U pasivní části mezi tyto parametry patří maximální délka optické trasy, která je určena citlivostí přijímače a útlumem optického vlákna pro konkrétní vlnovou délku. O výběru topologie Point To Point rozhodly nejen propozice konvertoru *FiberXport*, ale také ekonomický faktor, protože v případě zvolené přenosové vzdálenosti a počtu uživatelů je tento typ architektury nejvýhodnější. Mimo jiné také z důvodu absence zesilovacích prvků podél přenosové cesty. Prvky pasivní části FTTH sítě se zabývají hlavně vytvořením přenosové cesty mezi centrální ústřednou a koncovými zařízeními a jsou pro všechny diskutované převodníky stejné.

Volba aktivních částí sítě FTTH je závislá na zvoleném druhu optického převodníku. Od toho se odvíjí i zbytek nákladů na zřízení sítě. Jistě cenově velmi zajímavé je řešení s konvertorem *CGS-GW1421W*, ovšem pouze v případě, že uživatelé budou využívat jen internetové služby. Nejdražší variantou je návrh FTTH sítě s konvertory *FiberXport*, avšak z technického pohledu tento převodník nemá konkurenta. Jako jediný nabízí provoz se vzdálenou podporou, což je bezkonkurenční výhoda. Jak již bylo zmíněno, *FiberXport* je modulární jednotka s možností libovolné kombinace modulů podle služeb, které hodlá koncový uživatel přijímat a tak poskytuje velmi širokou variabilitu. Ceny aktivních komponentů jsou odhadnuty podle [14].

Použití optického konvertoru *FiberXport CGS-MU* v síti FTTH se zatím zdá jako ekonomicky nejhorší varianta, avšak z technického hlediska skýtá obrovské množství výhod. Údržba sítě si vyžaduje skoro minimální náklady, čímž je oproti ostatním variantám zajištěna nejvyšší spolehlivost a návratnost nákladů a nejefektivnější obsluha a provoz.

S rozvojem optických komunikací a nových řešení se zlepšuje i ekonomická stránka věci a tak se dá očekávat, že společnosti *OPTOKON* a *Genexis* s výrobkem *FiberXport - CGS-MU Wall Mount FTTH Modular Unit* vytvořily nový trend v tomto oboru.

8 Seznam literatury a použitých zdrojů:

- [1] SIEGMUND, D.G., PRAGER, E. *ATM - technika širokopásmové sítě ISDN*. 1. vyd. Praha : Hüting & Beneš, 1997. 325 s.
- [2] GIRARD, A. *FTTx PON Technology and Testing*. EXFO, Quebec, 2005.
- [3] Optokon, Genexis *Datasheet FiberXport - CGS-MU*. [online]. [2007] [cit. 2008-12-5].
Dostupný z WWW: <mailto:datasheets@optokon.cz?subject=Request%20for%20FiberXport%C2%AE%20-%20CGS-MU%20Wall%20Mount%20FTTH%20Modular%20Unit%20datasheet>.
- [4] Optokon *Datasheet CGS – TPA*. [online]. [2007] [cit. 2008-12-5].
Dostupný z WWW: <mailto:datasheets@optokon.cz?subject=Request%20for%20FiberXport%C2%AE%20-%20CGS-MU%20Wall%20Mount%20FTTH%20Modular%20Unit%20datasheet>.
- [5] Optokon *Datasheet CGS-GW1421W*. [online]. [2007] [cit. 2008-12-5].
Dostupný z WWW: <mailto:datasheets@optokon.cz?subject=Request%20for%20FiberXport%C2%AE%20-%20CGS-MU%20Wall%20Mount%20FTTH%20Modular%20Unit%20datasheet>.
- [6] Optokon, Genexis *Genexis FTTH Network Architecture*. [online]. [2007] [cit. 2008-12-5].
Dostupný z WWW: <http://www.edisk.cz/stahnout-soubor/02805/Genexis-FTTH-Network-Architecture-opt.pdf_240.44KB.html>, <www.optokon.cz>.
- [7] KENETH, S.S. *Fiber Optic Communications for the Premises Environment* [online]. [2000] [cit. 2007-18-5].
Dostupný z WWW: <http://www.telebyteusa.com/foprimer/foch2.htm#2.3>.
- [8] FILKA, M. *Přenosová média*. [online]. [2002] [cit. 2008-12-5]
Dostupný z WWW:
<https://www.feec.vutbr.cz/et/skripta/utko/Prenosova_media_S.pdf>
- [9] PUŽMANOVÁ, R. *Přístup po optice: stále jen sen*. [online]. 2003 [cit. 2007-2-5].
Dostupný z WWW: <http://www.lupa.cz/clanky/pristup-po-optice-stale-jen-sen/>.
- [10] *Sušice wifi LAN : Broadband internet provider* [online]. [2000] [cit. 2007-2-5].
Dostupný z WWW: <http://www.susicewifilan.net/clanky.php?link=optika>.
- [11] *FiberNet* [online]. [2000] , 04/05/06 [cit. 2007-2-5].
Dostupný z WWW: <http://www.fibernet.cz/z_optika.php>.

- [12] ACCESS ADVANTAGE SYSTEM, Vláknó do domu (FTTH) : Optické vlákno – telekomunikační přípojka 21. století. [online]. 2000 [cit. 2007-2-5].
Dostupný z WWW: <http://www.ofacom.cz/images/stories/PDF_Files/ftth.pdf>.
- [13] Holomeček, P. *Topologie a normy FTTx* [online]. [2007] [cit. 2007-2-5].
Dostupný z WWW: <http://www.edisk.cz/stahnout-soubor/19714/A2_Topologie_20a_20normy_20FTTx.pdf_292.39KB.html>.
- [14] *Intelek*. [online]. [2007] [cit. 2008-12-5].
Dostupný z WWW: <http://www.intelek.cz/index2.jsp?tree_CR=0>.